

# SZEMCSÉS ANYAGOK HŐKEZELÉSÉRŐL

DR. ZSIGÓ ISTVÁN\*—MARÓTI JÁNOS\*\*

Az élelmiszeripar számos területén a szemcsés anyagok többsége, a különböző technológiák alkalmazása során nem állandósult hőkezelésben részesül: pl. magvak szárítása, pörkölése, fagyasztása, granulátumok, darabos készítmények hőkezelése stb. A kívánt késztermék minőségi követelményei az üzemi berendezések technológiaiilag jelentős geometriai méreteit, továbbá a gyártástechnológiai paramétereit meghatározzák, ugyanakkor az említett körülmények egy lehetséges optimális gyártási feltételekre is utalnak, amelyek minél jobb megközelítése állandó jellegű feladataink között kell hogy szerepeljenek.

Az optimális gyártási körülmények meghatározásának alapjául a kész-, és gyártásközi termékek kémiai és biológiai változásai, illetve ezeket a változásokat kiváltó fizikai paraméterek minél pontosabb leírása szolgálhat. A két tényező együttes egyidejű számszerű figyelembevételével a technológiák korszerűsíthetők, fejleszthetők, más szóval az optimális körülményeket egyre pontosabban meghatározhatjuk és megvalósíthatjuk. A szemcséken belüli hőmérsékleteloszlás és kialakításnak feltétele ismeretében a kémiai, a biológiai változásokat magasabb színvonalon irányíthatjuk.

A fizikai körülmények a bonyolultabb esetek többségében csak mérési adatokkal kiegészített matematikai egyenletekkel írhatók le. A szemcsés anyagok hőkezelése esetén, a behatóbb tanulmányozásához a kísérleti eredmények nélkülözhetetlenek, különösen érvényes ez a hőkezelés kezdeti időszakában, amikor a szemcséken belüli hőmérséklet eloszlás még inhomogén, amelynek minél pontosabb ismeretét a hőhatást követő belső változások irányíthatósága indokolja [1]. Különösen napjainkban válik ez jelentőssé amikor a rövid, de magasabb hőmérsékletű hőkezelések kerülnek előtérbe, amelyek során a kémiai, biológiai változások intenzitása jelentősen növekedik, így a technológiáknak nagyobb pontosságot kell tartaniuk (2., 3.). Más szóval: a hőmérséklet emelése egy adott kalorikus berendezéshez csak akkor válik tudományosan megalapozottá, ha a hőkezelt anyagban (részecskékben) a hőmérsékleteloszlást mérni, illetve követni tudjuk [4.].

A témakör, mint a szemcsés anyagok hőkezelésének általános alapvető problémája olyan, széleskörűen alkalmazható táblázatok vagy nomogramok, illetve ezek kollekcióit kívánja meg, amely különböző körülmények között az iparban előforduló paraméter értékekkel mérések alapján készült és mint a vizsgálatok segítő-eszköze nagyobb lehetőséget nyújtana a vizsgálatokhoz, illetve a kalorikus berende-

\* Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

\*\* Matematika Tanszék

zések üzemeltetéséhez. Jelen munkánkban az árpára vonatkozóan, az általunk elképzelt nomogram egy részletét mutatjuk be.

A szemcsék hőkezelésének első fázisában egy időtartalommal kell számolnunk, amely során a szemcséken belüli hőmérsékleteloszlás inhomogén, azaz nem állandósultak a viszonyok, ezen időt követően pedig a szemcse a környezet hőmérsékletét felveszi [5].

Munkánkban az említett nem állandósult időtartalom és ezen idő során kialakult szemcse belső hőmérséklet egyik meghatározási módját említjük. Méréseinkből a modelül választott árpa esetében eredményeket közlünk, továbbá néhány alkalmazási lehetőségre utalunk.

Vizsgálatainkat meleg levegővel, átáramoltatásos berendezéssel végeztük, amelyről korábbi munkánkban beszámoltunk (6., 7.). A szemcsén belüli hőmérséklet kiegyenlítődéshez szükséges idő ( $\tau^*$ ) függvénye az anyagi tulajdonságoknak, a geometriai viszonyoknak, a hőmérsékletnek, továbbá a levegő mozgásának. Az említett tényezők további részlet határokra bonthatók pl.: az anyagi tulajdonságokban

1. TÁBLÁZAT

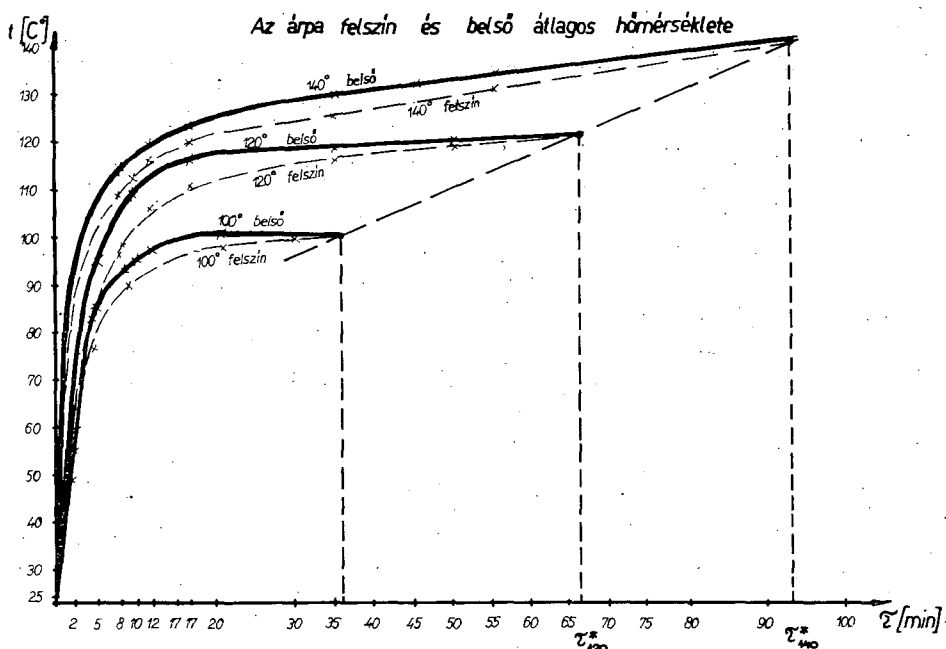
t	Minute	t <sub>víz</sub> °C	t <sub>közös</sub>	G <sub>csökkenésel</sub> g	C <sub>r</sub> Cal/°C	t <sub>szemcse</sub> kalorim. °C	t <sub>szemcse</sub> közvetlen C°
100	2	20,8	32,0	246,8	0,54	56,3	61,5
	5	20,0	40,7	245,0	0,53	86,9	83,5
	8	18,8	41,0	241,6	0,52	92,2	91,0
	10	18,0	41,5	242,3	0,51	96,6	92,2
	15	17,0	41,0	238,1	0,50	99,4	95,6
	21	20,4	44,0	239,6	0,50	100,0	97,8
	30	19,5	43,7	233,6	0,49	100,0	100,0
120	2	17,2	31,0	248,7	0,53	61,3	60,5
	5	17,8	40,5	245,0	0,51	93,2	87,0
	8	18,2	43,2	230,0	0,50	103,7	95,0
	10	17,8	43,8	234,7	0,49	109,3	97,5
	12	18,2	45,0	235,0	0,48	113,9	97,5
	17	19,0	45,5	234,5	0,44	115,2	110,5
	35	19,0	44,0	227,2	0,45	117,9	115,0
	50	18,5	44,5	226,6	0,44	120,0	117,5
	65	18,6	44,4	225,7	0,44	120,0	119,0
140	2	19,0	36,5	240,0	0,52	91,0	82,0
	5	21,0	44,5	236,3	0,50	108,0	100,0
	8	18,0	45,5	240,5	0,50	115,8	108,0
	10	20,9	49,0	238,0	0,49	117,8	112,0
	12	18,5	49,2	234,7	0,48	118,8	116,0
	17	21,0	50,0	230,0	0,46	123,3	120,0
	35	19,5	49,5	239,1	0,45	128,2	125,0
	45	21,0	49,8	231,6	0,44	132,3	128,5
	55	21,0	49,7	230,1	0,44	135,0	130,0
	65	21,0	49,8	229,8	0,43	139,4	136,5
	75	19,5	49,9	228,4	0,43	140,0	138,0
	90	19,0	49,8	226,3	0,42	140,0	140,0

Egységesen: 250 g árpát mértünk be, amelyet a súlyvesztéssel csökkentettük,  
250 g vizet mértünk a kaloriméterbe,  
0,3 m/s sebességű levegőt áramoltattunk, a szemcse rétegvastagsága 3,5 cm.

a szemcsék felszíne, héja és az ezt követő rétegek stb. A geometriai viszonyok a szemcsék mérete, rétegvastagsága, rendezettsége stb. a levegő vonatkozásában, az áramlási sebesség, iránya, hőmérséklete igen jelentős [8].

A szemcsék belső hőmérsékletének bonyolult függvénykapcsolatát a nem állandósult idő intervallumban, a gyakorlat számára alkalmazható módon, anyagféleségenként a hőmérséklet, a levegő áramlási sebessége és a rétegvastagság változtatásával mérések útján határozhatjuk meg a szemcsék felületi — és belső hőmérsékletének egyidejű mérésével. A felületi hőmérséklet mérésére a közvetlen szemcsék közé helyezett termisztoros hőmérőt [9.], a szemcsék belső hőmérsékletének mérésére kalorikus módszert alkalmaztunk [6., 7.]. A utóbbi mérési mód olyan átlagos „mag” hőmérsékletet eredményez, amely a gyártástechnológiai igényeknek megfelel.

Árpára vonatkozó eredményeinkre az 1. táblázat, illetve az 1. ábrán utalunk.



A kalorimetriás szemcsehőmérséklet meghatározásához a

$$t_{\text{kezd. szem}} = \frac{(G_{\text{víz}} + v)(t_{\text{közös}} - t_{\text{kezd. víz}})}{G_{\text{szem}} c_{\text{szem}}}$$

egyenletet alkalmaztuk, ahol  $t_{\text{kezd. szem}}$  = a szemcsék tényleges átlagos belső hőmérséklete,  $t_{\text{kezd. víz}}$  a kaloriméter vizének hőmérséklete,  $t_{\text{közös}}$  = a szemek által felmelegített víz hőmérséklete,  $G_{\text{víz}}$  = a kaloriméterbe helyezett víz tömege,  $v$  = a kaloriméter vízértéke,  $G_{\text{szem}}$  = a kaloriméterbe helyezett szemcsék tömege,  $c_{\text{szem}}$  = pedig a fajhője.

Vizsgálatok esetén az említett egyenlet nagyszámú alkalmazása nomogram készítését indokolja, mely a mérősorozatok értékelését meggyorsítja.

Az említett egyenlet alapján szerkesztettünk nomogramot, amelynek a kicsinyített másolatát a 2. ábrán mutatjuk be.

## Értékelés

Az 1. táblázat, illetve 1. ábra alapján látható, hogy az árpaszemek felszínének hőmérséklete 5—10 °C-al alacsonyabb a belső hőmérsékletnél, illetve a belső hőmérsékletet jobban kifejező kalorimetriás eredményeknél. A jelenséget a szemcse felületre diffundált nedvesség elpárolgásával, hőelvonásával magyarázzuk, amelyet a gabonafélék szárításánál tapasztalt szemek „izzadása” is úgy látszik igazol. Az említett körülmény a magasabb szárítási hőmérsékletek alkalmazhatóságára hívja fel a figyelmet.

A hőmérsékletek kiegyenlítődéséhez szükséges idő  $\tau^*$  a magasabb hőmérséklet növekedésével nő, amely az intenzívebb nedvesség diffúzióval, a felületen lejátszódó intenzívebb párolgással is magyarázható.

Az 1. ábra további kiegészítése: magasabb áramlási sebességek, változó rétegvastagság, és mozgó szemek esetében szélesebb hőmérséklet intervallumban, a munka folytatását jelenti, amelyen jelenleg dolgozunk. A gyakorlatilag számításba vehető paraméterekkel elkészített nomogram a szemcsés anyagok hőkezeléssel kombinált műveleteinek irányításánál, optimális körülmények meghatározásánál nyújthat segítséget.

A 2. ábrán bemutatott nomogram a kalorimetriás szemcsehőmérséklet mérés alkalmazását egyszerűsíti és gyorsabbá teszi. Használatához azonban az eredeti 300×600 mm vagy még nagyobb méretű változata szükséges, amelyen az értékek a kívánt pontossággal leolvashatók.

## Összefoglalás

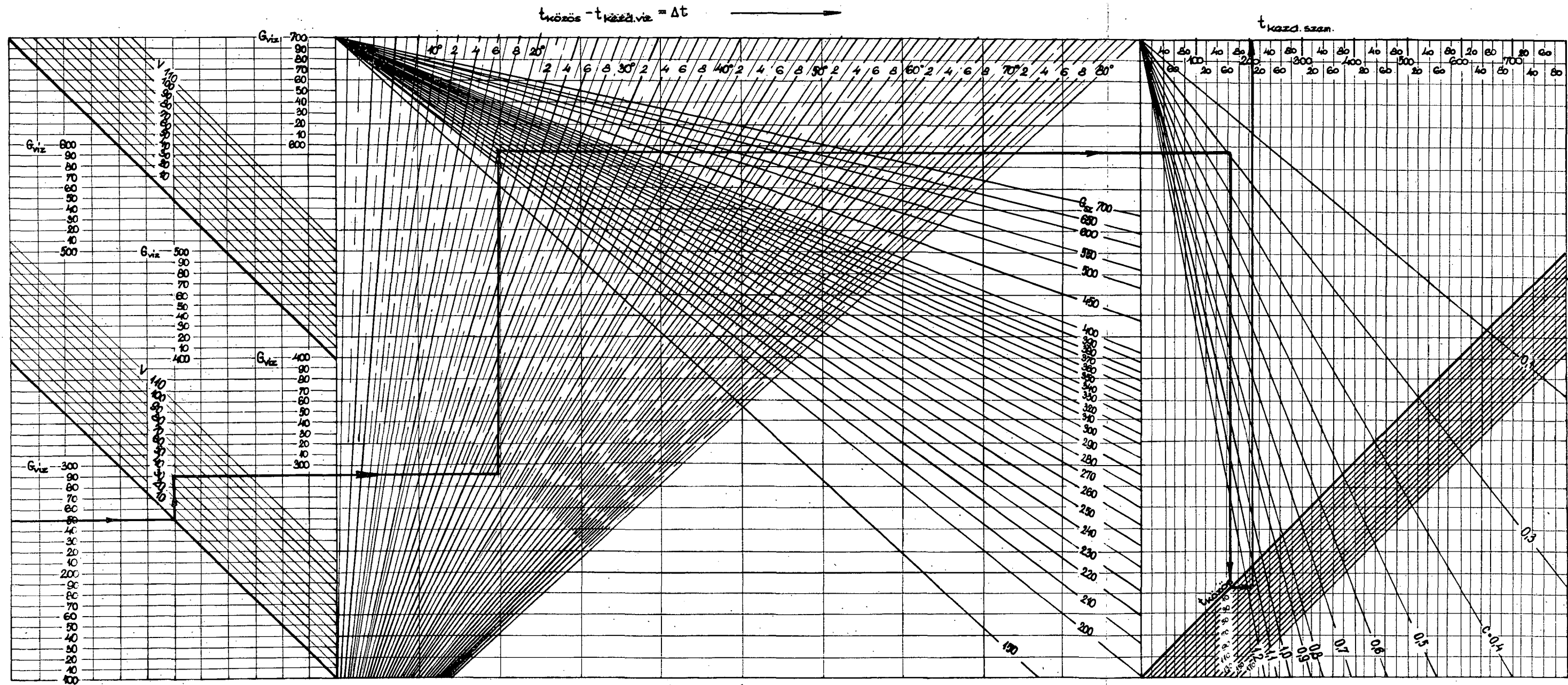
A közlemény a szemcsés anyagok hőkezelése során kialakuló, szemcsén belüli hőmérsékleteloszlás ismeretének szükségességét indokolja, különös tekintettel a nem állandósult műveletek esetén.

A szemcse- és a környezethőmérséklet kiegyenlítődés idejének a meghatározását hangsúlyozva, majd árpára vonatkozóan néhány paraméter intervallumra kísérleti eredményeket közöl. E szerint a szemcsék felszínének hőmérséklete, a hőkezelés kezdetén alacsonyabb, mint a kalorimetriás módszerrel mért hőmérséklet a szemcse belsejében.

A kalorimetriás szemcsehőmérséklet-mérés eredményeinek értékeléséhez, kicsinyített saját szerkesztésű nomogramot mutat be.

## IRODALOM

1. Bolin, H. R.—Salunke, D. V.; Food. Sei 36. 665—668. 1971.
2. Tips on Drying. Food. Eng. 44. 160—161. 1972.
3. Stüben, H.; Ernährungswirtschaft. 3. 174—178. 1969.
4. Imre L.; Szárítási kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1974.
5. Perry, H. J.; Vegyészmérnökök kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1968.
6. Zsigó I.—Maróti J.; Tudományos Közlemények I. Élelmiszeripari Főiskola Szeged, 109. 1971.
7. Zsigó I.—Maróti J.; Tudományos Közlemények II. Élelmiszeripari Főiskola, Szeged, 83. 1973.
8. Ginzburg A. Sz.; Szárítás az élelmiszeriparban. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1968.
9. Fővárosi Finommechanikai V. Budapest TŰH-3 1964.



2. ábra. Szemcsés anyagok hőkezeléséről

## THE HAET TREATMENT OF GRANULAR MATERIALS

*I. Zsigó and J. Maróti*

The necessity of knowing the temperature-distribution developing within grains on their heat treatment is justified, with particular regard to non-constant operations.

Determination of the time of temperature equalization for the grain and the environment is stressed. Experimental results are then reported for barley in certain parameter intervals, according to which the temperature of the surface of the grains is lower at the beginning of heat treatment than that within the grain.

A reduced nomogram is presented for evaluation of the results of grain-temperature measurement.

## ÜBER DIE THERMISCHE BEHANDLUNG VON GRANULÄREN MATERIALIEN

*I. Zsigó—J. Maróti*

Die Mitteilung indiziert die Notwendigkeit der Kenntnis der bei der thermischen Behandlung granulärer Stoffe entstehenden intragranulärer Temperaturverteilung, insbesondere im Falle nichtstabilisierter Operationen.

Unter Betonung der Bestimmung des Zeitpunktes des Temperatenausgleichs von Granulum und Umgebung werden bezüglich der Gerste für einige Parameter-Intervalle experimentelle Ergebnisse mitgeteilt, wonach die Temperatur der Körnoberfläche zu Beginn der thermischen Behandlung niedriger ist als jene im Innern der Körner.

Zur Bewertung der Ergebnisse der kalorimetrischen Körnertemperaturmessung gibt Verfasser ein verkleinertes, selbstkonstruiertes Nomogram bekannt.

## О ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

*И. Жуго—Я. Мароти*

Статья подчёркивает важность знания распределения температуры внутри зерна, складывающегося в ходе термической обработки зернистых материалов с особым вниманием на случаи нестабилизированных операций.

Подчёркивая значение определения времени уравнивания температуры зерна и окружающей среды, авторы приводят результаты опыта по интервалам некоторых параметров в отношении ячменя, в соответствии с которыми температура поверхности зерна в начале термической обработки ниже, чем внутри зерна.

Для оценки результатов calorиметрического измерения температуры зерна авторы демонстрируют составленную ими номограмму (в уменьшённом виде).